

NASKAH PUBLIKASI

**ANALISIS HUBUNG SINGKAT TIGA *PHASE* PADA SISTEM
DISTRIBUSI STANDAR IEEE 18 *BUS* DENGAN ADANYA
PEMASANGAN *DISTRIBUTED GENERATION* (DG)
MENGUNAKAN PROGRAM *ETAP POWER STATION 4.0***



Diajukan oleh:

TULUS WAHYU WIBOWO D. A. P

D 400 090 060

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2013

LEMBAR PENGESAHAN

Karya ilmiah dengan judul “**ANALISIS HUBUNG SINGKAT TIGA *PHASE* PADA SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 18 *BUS* DENGAN ADANYA PEMASANGAN *DISTRIBUTED GENERATION (DG)* MENGGUNAKAN PROGRAM *ETAP POWER STATION 4.0***” ini diajukan oleh :

Nama : Tulus Wahyu Wibowo D. A. P

NIM : D400 090 060

Guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Strata-Satu (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 24 Mei 2013

Mengetahui

Dosen Pembimbing I



(Agus Supardi, ST, MT)

Dosen Pembimbing II



(Aris Budiman, ST, M.T)

ANALISIS HUBUNG SINGKAT TIGA *PHASE* PADA SISTEM DISTRIBUSI STANDAR IEEE 18 BUS DENGAN ADANYA PEMASANGAN *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) MENGGUNAKAN PROGRAM *ETAP POWER STATION 4.0*

Tulus Wahyu Wibowo D. A. P
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Kartasura, Surakarta
E-mail : Tulus.wahyu@gmail.com

ABSTRAKSI

Pembangkit listrik skala kecil (Distributed Generation, DG) menjadi suatu pilihan baru dalam penyediaan tenaga listrik. Pembangkit ini tidak hanya ekonomis tetapi keberadaannya di dekat pelanggan listrik juga menurunkan biaya transmisi dan distribusinya. Berkaitan dengan arus hubung singkat, salah satu faktor yang berpengaruh adalah impedansi sumber dan impedansi saluran. Dengan adanya pemasangan DG di dekat pelanggan listrik, maka juga akan berpengaruh terhadap impedansi total sistem sehingga akan berpengaruh terhadap arus hubung singkatnya.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis arus hubung singkat tiga phase pada sistem distribusi standard IEEE 18 bus dengan adanya pemasangan DG. Penelitian dimulai dengan membuat model sistem distribusi dan DG dengan menggunakan ETAP Power Station. Data-data sistem yang diperlukan kemudian dimasukkan ke dalam model tersebut. Setelah modelnya lengkap kemudian dilakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sempurna atau belum. Jika modelnya belum sempurna, maka dilakukan perbaikan model lagi. Setelah itu dilakukan simulasi hubung singkat tiga phase dengan memvariasi lokasi hubung singkat, lokasi pemasangan DG dan kapasitas DG-nya. Hasil simulasi arus hubung singkat tiga phase diamati dan data-datanya kemudian dianalisis.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan adanya DG dalam sistem distribusi maka arus hubung singkat tiga phase akan naik. Jumlah dan lokasi pemasangan DG juga berpengaruh terhadap magnitude arus hubung singkat tiga phasenya. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya akan semakin besar.

Kata kunci : *distributed generation (DG), hubung singkat tiga phase, sistem distribusi*

1. PENDAHULUAN

Ada beberapa persoalan pelik yang sekarang ini dihadapi sistem kelistrikan di Indonesia. Kekurangan pasokan daya listrik bukan hanya mengakibatkan terhentinya program elektrifikasi daerah yang belum mendapatkan aliran listrik, tapi juga mengakibatkan pemadaman bergilir pada daerah yang telah ter-elektrifikasi.. Tenaga listrik dibangkitkan di stasiun pembangkit dan disalurkan ke konsumen yang membutuhkan melalui saluran transmisi dan saluran distribusi. Fasilitas pembangkitan berkapasitas besar biasanya diletakkan di daerah pinggiran yang jauh dari pusat beban. Di sisi lain, peningkatan permintaan energi listrik tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit berkapasitas besar karena adanya keterbatasan saluran transmisi. Oleh karena itu diperlukan pembangkit yang efisien seperti jenis

pembangkit listrik tersebar (*DG, Distributed Generation*). Isu lain yang mendorong pengembangan DG adalah tingginya biaya transmisi dan distribusi (Willis and Scott, 2000). Pembangunan saluran transmisi baru membutuhkan biaya investasi yang besar. Dengan demikian diperlukan suatu pembangkit yang bisa dipasang di dekat beban seperti DG. DG dengan kapasitas daya yang kecil dapat digunakan untuk melayani beban puncak yang hanya terjadi pada jam-jam tertentu tiap harinya (Delfino, 2002).

Dengan adanya DG ini, kondisi sistem tenaga menjadi lebih rumit untuk dipahami. Oleh karena itu, sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan DG terhadap perubahan apapun di dalam sistem. Secara konvensional, dianggap bahwa tenaga listrik pada sistem distribusi selalu mengalir dari gardu induk ke ujung penyulang baik

Berkaitan dengan arus hubung singkat, salah satu faktor yang berpengaruh adalah impedansi sumber dan impedansi saluran. Impedansi saluran ditentukan oleh panjang saluran, sedangkan arus hubung singkat ditentukan oleh impedansi hubung singkatnya. Dengan adanya pemasangan DG di dekat beban, maka juga akan berpengaruh terhadap impedansi total sistem sehingga juga akan berpengaruh terhadap arus hubung singkatnya. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis arus hubung singkat tiga *phase* pada sistem distribusi standard IEEE 18 *bus* dengan adanya pemasangan *Distributed Generation* (DG) menggunakan program *ETAP POWER STATION 4.0*.

2.1 Waktu dan Tempat

2.2 Pengumpulan Data

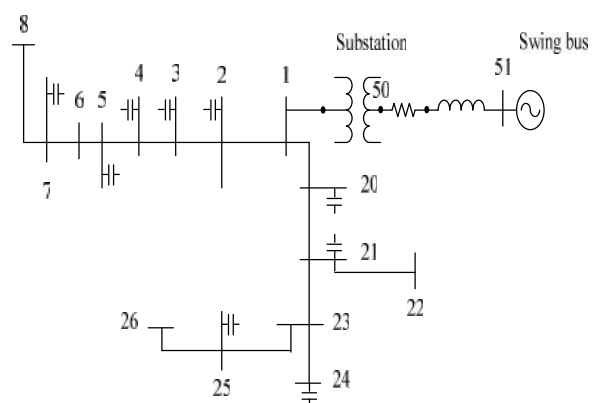
2.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kajian penulis yang berasal dari referensi-referensi yang ada baik jurnal penelitian, karya ilmiah dan buku-buku yang berhubungan dengan pembuatan laporan penelitian.

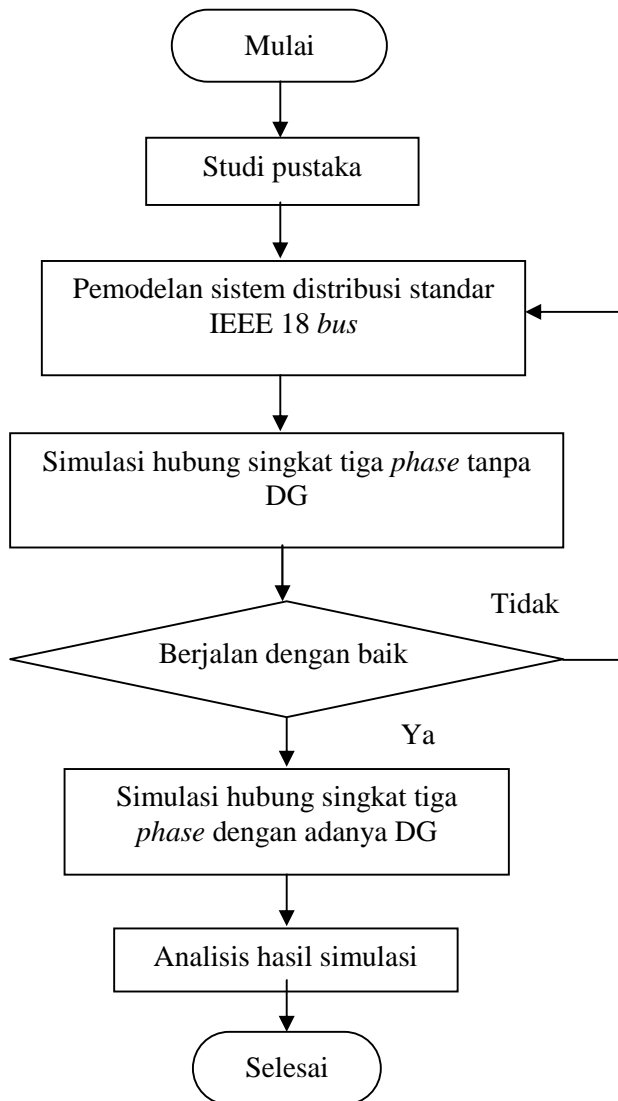
Simulasi dan analisa menggunakan software *ETAP Power Station 4.0* terhadap data yang ada

Bahan perlengkapan untuk mendukung penelitian ini adalah :

- Gambar 1 menunjukkan sistem distribusi standard IEEE 18 bus. 16 bus terletak pada sistem distribusi 12,5 kV dan 2 bus (50 dan 51) terletak pada sisi 138 kV dari trafo gardu induk yang disuplai dari sebuah *swing bus*. Sistem distribusinya bertipe radial dengan 2 penyulang utama. Penyulang pertama terdiri dari 8 bus (*bus* no.1 – 8) dan penyulang kedua terdiri dari 7 bus (*bus* no. 20 – 26). Pada sistem distribusi 12,5 kV terpasang kapasitor di 9 bus -nya. Sistem ini sama dengan yang digunakan oleh Grady et al (1992). DG yang akan dipakai dalam simulasi ini adalah turbin mikro 480 V, 250 kW seperti yang digunakan oleh Kirawanich et al (2004).



Gambar 1. Diagram garis tunggal sistem distribusi standard IEEE 18 bus



Gambar 2. FlowChart Penelitian

3. PEMBAHASAN DAN HASIL SIMULASI

a. Simulasi Arus Hubung Singkat

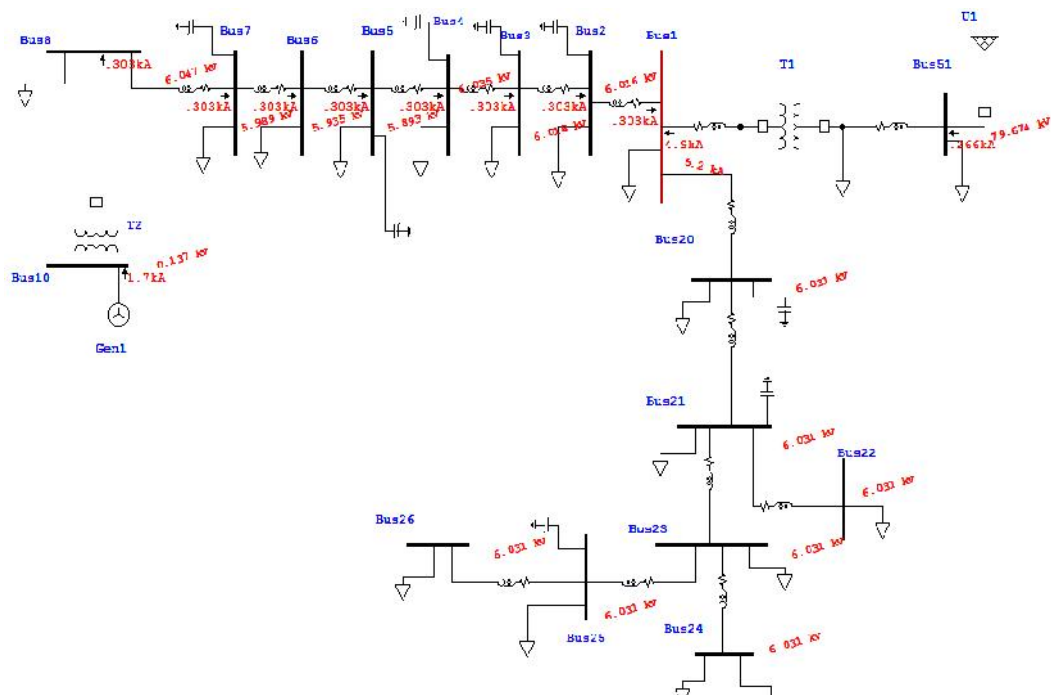
Program analisis hubung singkat dalam *ETAP Power Station 4.0* dapat menganalisis hubung singkat tiga *phase*, hubung singkat saluran ke tanah, hubung singkat saluran ke saluran, dan hubung singkat saluran ganda ke tanah pada sistem distribusi. Program akan menghitung arus hubung singkat berdasarkan kontribusi dari motor, generator dan sistem *utility*. Analisis hubung singkat yang dilakukan pada penelitian ini adalah gangguan hubung singkat tiga *phase*. Arus hubung singkat pada *bus* yang terganggu dihitung setelah 30 siklus (kondisi *steady state*). Semua mesin listrik

direpresentasikan dengan impedansi internalnya. Kapasitansi saluran dan beban statis diabaikan. Dalam penelitian ini digunakan standar ANSI/IEEE untuk menghitung arus hubung singkat, dimana sumber tegangan ekuivalen pada lokasi gangguan, yang sama dengan tegangan sebelum terjadi gangguan, menggantikan semua sumber tegangan eksternal dan sumber tegangan internal mesin. Besarnya impedansi saluran antar *bus* pada sistem distribusi standar IEEE 18 *bus* berbeda-beda nilainya. Impedansi totalnya akan semakin besar bila jaraknya semakin jauh dari *power grid*. Adanya gangguan hubung singkat tiga *phase* pada salah satu *bus* akan mengakibatkan terjadinya perubahan aliran daya. Arus yang semula mengalir menuju masing-masing *bus*, berubah arah dan magnitudenya menuju ke *bus* yang terganggu. Pada saat terjadi gangguan hubung singkat tiga *phase*, maka juga diikuti dengan perubahan tegangan sistem.

Pada saat sistem tanpa DG, arus hubung singkat tiga *phase* yang terjadi hanya merupakan kontribusi dari *power grid* saja. Magnitude arus hubung singkatnya ditentukan oleh impedansi total antara *power grid* dengan lokasi gangguan. Impedansi ini meliputi impedansi urutan positif dari *power grid*, transformator gardu induk, dan saluran.

Pemasangan sebuah DG pada sistem distribusi akan mengakibatkan perubahan impedansi urutan positif dari sistem sehingga akan berpengaruh terhadap arus hubung singkat tiga *phase*. Magnitude arus hubung singkat ditentukan oleh impedansi antara *power grid* sampai lokasi gangguan, impedansi antara DG sampai lokasi gangguan, dan impedansi transformator gardu induk.

Hal ini disebabkan karena dengan terpasangnya DG maka jumlah sumber listriknya menjadi bertambah sehingga aliran daya listriknya juga menjadi berubah. Beban yang semula disuplai dari *power grid*, dengan adanya DG maka beban tersebut akan disuplai dari DG tersebut. Dampak selanjutnya adalah terjadinya penurunan impedansi saluran. Sesuai dengan Hukum Ohm, semakin kecil impedansi maka arusnya akan semakin besar.



Gambar 3. Hasil simulasi hubung singkat tiga *phase* yang terjadi pada bus 1 dengan adanya 1 buah DG di bus 8

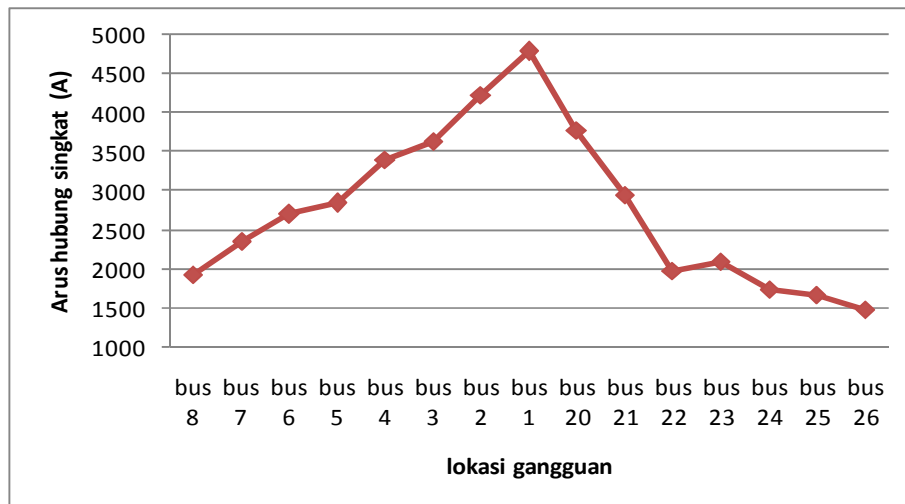
b. Arus hubung singkat tiga *phase* tanpa DG dengan bervariasi lokasi gangguan

Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel.1. Gambar 4 menunjukkan variasi arus hubung singkat tiga *phase* pada saat sistem distribusi tidak dihubungkan dengan DG. Variasi nilai tersebut tergantung dari lokasi gangguan. Pada penyulang pertama (*bus 8 – bus 1*), arus hubung singkat tiga *phase* yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 8 (*bus* yang terjauh dari *power grid*), sedangkan arus hubung singkat yang paling besar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 1 (*bus* yang terdekat dengan *power grid*). Pada penyulang kedua (*bus 20 – bus 26*), arus hubung singkat tiga *phase* yang paling kecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 26 (*bus* yang terjauh dari *power grid*), sedangkan arus hubung singkat tiga *phase* yang paling besar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada bus no 20 (*bus* yang terdekat dengan *power grid*). Hasil ini sesuai dengan teori perhitungan arus hubung singkat tiga *phase* yang menyatakan bahwa arus hubung singkat ditentukan oleh impedansi sistem. Semakin jauh bus tersebut dari *power*

grid, maka impedansi salurannya akan semakin besar. Semakin besar impedansi salurannya maka arus hubung singkat tiga *phasenya* akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Tabel 1. Arus hubung singkat tiga *phase* tanpa DG

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
Bus 8	1.919
Bus 7	2.346
Bus 6	2.693
Bus 5	2.837
Bus 4	3.388
Bus 3	3.637
Bus 2	4.227
Bus 1	4.783
Bus 20	3.773
Bus 21	2.939
Bus 22	1.975
Bus 23	2.092
Bus 24	1.725
Bus 25	1.656
Bus 26	1.473



Gambar 4. Arus hubung singkat tiga *phase* tanpa DG dengan bervariasi lokasi gangguan.

c. Arus hubung singkat tiga *phase* dengan bervariasi lokasi pemasangan DG dan lokasi gangguan.

Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 9. Gambar 5 menunjukkan pengaruh variasi lokasi pemasangan DG terhadap arus hubung singkat tiga *phase*. Variasi lokasi pemasangan sebuah DG di penyulang pertama mengakibatkan perubahan magnitude arus hubung singkat. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya akan semakin besar, walaupun perubahannya tidak terlalu besar. Hal ini disebabkan semakin dekat dengan DG, maka impedansi salurannya akan semakin kecil sehingga kontribusi DG terhadap arus hubung singkat juga akan semakin besar. Secara keseluruhan terlihat bahwa kontribusi DG terhadap arus hubung singkat pada penyulang pertama adalah lebih besar daripada penyulang kedua. Hal ini dapat dilihat dari variasi arus hubung singkat yang lebih besar pada penyulang pertama daripada variasi arus hubung singkat pada penyulang kedua. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemasangan DG di penyulang pertama tidak terlalu berpengaruh pada penyulang kedua. Sebagian besar arus hubung singkat yang terjadi pada penyulang kedua adalah kontribusi dari *power grid*. Gambar 5. juga menunjukkan bahwa ketika DG dipasang lokasi yang tetap tetapi lokasi gangguannya berubah, maka juga akan mengakibatkan

perubahan arus hubung singkat tiga *phase*. Pada penyulang pertama (*bus 8 – bus 1*), arus hubung singkat terkecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 8* dan arus hubung singkat terbesar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 1*. Semakin mendekati *power grid*, maka arus hubung singkatnya akan semakin membesar. Kondisi yang sama juga terjadi pada penyulang kedua. Arus hubung singkat terkecil dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 26* dan arus hubung singkat terbesar dihasilkan oleh gangguan yang terjadi pada *bus 20*.

Tabel 2. DG *bus 1*

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.937
<i>Bus 7</i>	2.372
<i>Bus 6</i>	2.727
<i>Bus 5</i>	2.876
<i>Bus 4</i>	3.443
<i>Bus 3</i>	3.701
<i>Bus 2</i>	4.313
<i>Bus 1</i>	4.892
<i>Bus 20</i>	3.842
<i>Bus 21</i>	2.981
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.740
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Tabel 3. DG *bus 2*

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.942
<i>Bus 7</i>	2.379
<i>Bus 6</i>	2.737
<i>Bus 5</i>	2.886
<i>Bus 4</i>	3.458
<i>Bus 3</i>	3.718
<i>Bus 2</i>	4.336
<i>Bus 1</i>	4.892
<i>Bus 20</i>	3.841
<i>Bus 21</i>	2.981
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.740
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Tabel 4. DG bus 3

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.950
<i>Bus 7</i>	2.391
<i>Bus 6</i>	2.752
<i>Bus 5</i>	2.903
<i>Bus 4</i>	3.483
<i>Bus 3</i>	3.746
<i>Bus 2</i>	4.336
<i>Bus 1</i>	4.892
<i>Bus 20</i>	3.841
<i>Bus 21</i>	2.981
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.740
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Tabel 5. DG bus 4

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.954
<i>Bus 7</i>	2.398
<i>Bus 6</i>	2.761
<i>Bus 5</i>	2.913
<i>Bus 4</i>	3.497
<i>Bus 3</i>	3.746
<i>Bus 2</i>	4.336
<i>Bus 1</i>	4.892
<i>Bus 20</i>	3.841
<i>Bus 21</i>	2.980
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.740
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 4</i>	3.496
<i>Bus 3</i>	3.744
<i>Bus 2</i>	4.334
<i>Bus 1</i>	4.890
<i>Bus 20</i>	3.840
<i>Bus 21</i>	2.980
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.739
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 4</i>	3.495
<i>Bus 3</i>	3.744
<i>Bus 2</i>	4.334
<i>Bus 1</i>	4.890
<i>Bus 20</i>	3.840
<i>Bus 21</i>	2.980
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.739
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.483

Tabel 6. DG bus 5

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.970
<i>Bus 7</i>	2.420
<i>Bus 6</i>	2.790
<i>Bus 5</i>	2.945
<i>Bus 4</i>	3.496
<i>Bus 3</i>	3.745
<i>Bus 2</i>	4.335
<i>Bus 1</i>	4.891
<i>Bus 20</i>	3.841
<i>Bus 21</i>	2.980
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.739
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Tabel 7. DG bus 6

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.975
<i>Bus 7</i>	2.428
<i>Bus 6</i>	2.801
<i>Bus 5</i>	2.945
<i>Bus 4</i>	3.496
<i>Bus 3</i>	3.745
<i>Bus 2</i>	4.335
<i>Bus 1</i>	4.891
<i>Bus 20</i>	3.840
<i>Bus 21</i>	2.980
<i>Bus 22</i>	1.993
<i>Bus 23</i>	2.113
<i>Bus 24</i>	1.739
<i>Bus 25</i>	1.669
<i>Bus 26</i>	1.484

Tabel 8. DG bus 7

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	1.992
<i>Bus 7</i>	2.452
<i>Bus 6</i>	2.800
<i>Bus 5</i>	2.944

Tabel 9. DG bus 8

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat (ampere)
<i>Bus 8</i>	2.021
<i>Bus 7</i>	2.452
<i>Bus 6</i>	2.800
<i>Bus 5</i>	2.944

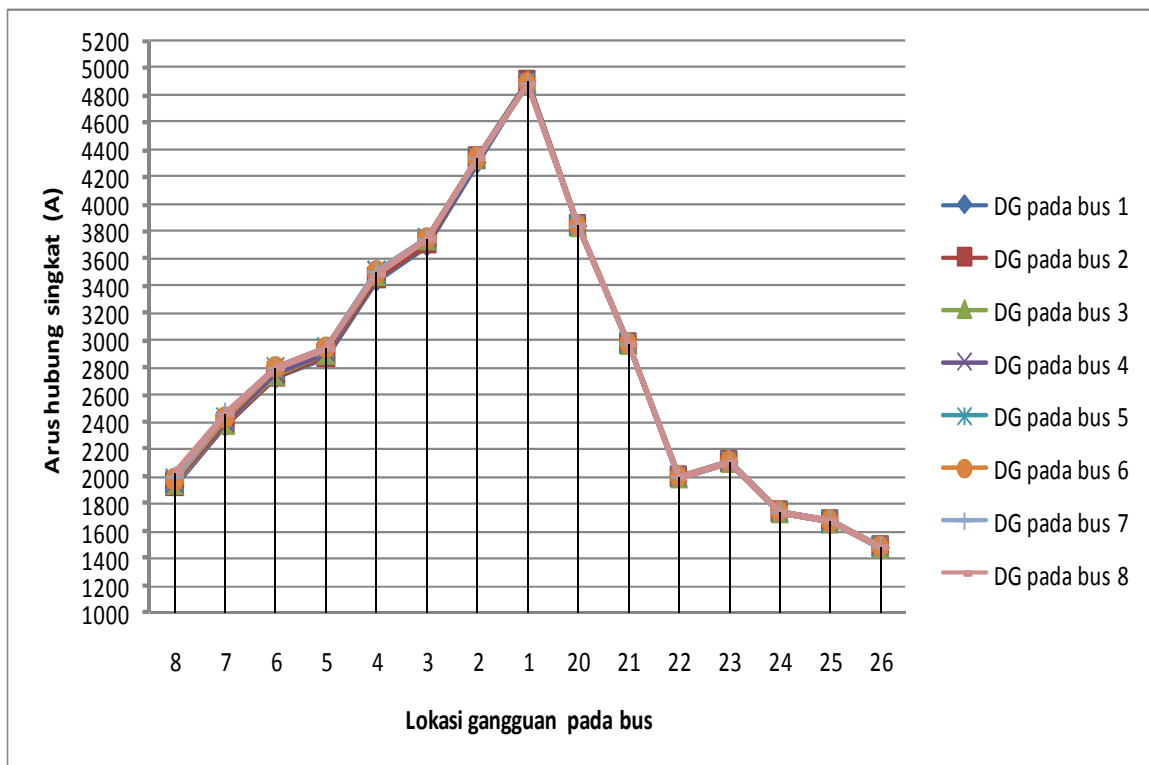
d. Arus hubung singkat tiga phase dengan bervariasi jumlah pemasangan DG dan lokasi gangguan.

Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 10. Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin banyak DG yang terpasang, maka arus hubung singkat tiga *phasenya* akan semakin membesar. Hal ini disebabkan karena arus hubung singkat yang terjadi merupakan kontribusi dari beberapa buah sumber yaitu dari *power grid* dan beberapa buah DG.

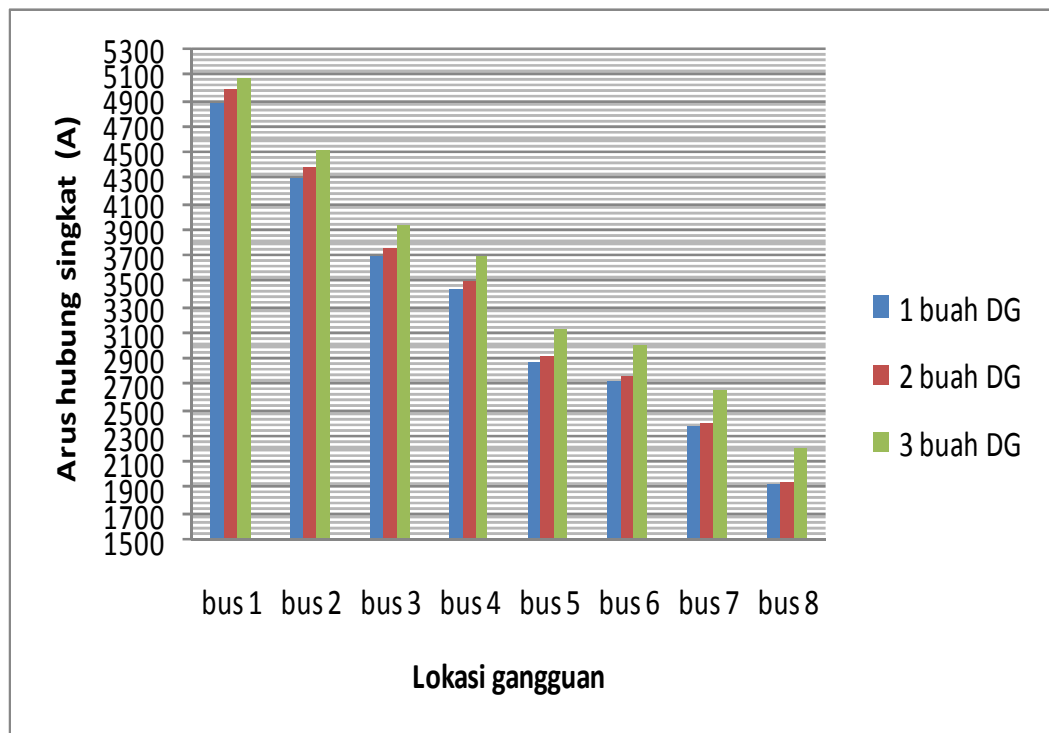
DG yang dipasang pada sebuah *bus* dalam sistem tersebut mempunyai kapasitas sama sehingga kontribusinya terhadap arus hubung singkat adalah sama besar. Impedansi urutan positif DG adalah konstan walaupun lokasi terjadi gangguannya berubah-ubah. Dengan demikian, impedansi saluranlah yang akan menentukan kontribusi dari masing-masing DG.

Tabel 10. Variasi jumlah DG

Lokasi gangguan	Arus hubung singkat tiga <i>phase</i> (A) dengan adanya DG pada bus 8 sebanyak		
	1	2	3
<i>Bus 1</i>	4.890	4.987	5.077
<i>Bus 2</i>	4.334	4.432	4.523
<i>Bus 3</i>	3.744	3.843	3.936
<i>Bus 4</i>	3.495	3.595	3.688
<i>Bus 5</i>	2.944	3.045	3.141
<i>Bus 6</i>	2.800	2.901	2.998
<i>Bus 7</i>	2.452	2.553	2.651
<i>Bus 8</i>	2.021	2.121	2.218



Gambar 5. Arus hubung singkat tiga *phase* dengan bervariasi lokasi pemasangan DG dan lokasi gangguan.



Gambar 6. Arus hubung singkat tiga *phase* dengan bervariasi jumlah pemasangan DG dan lokasi gangguan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hubung singkat tiga *phase* pada sistem distribusi standar IEEE 18 *bus* dengan adanya pemasangan *distributed generation* (DG) menggunakan program *ETAP Power Station 4.0* dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- a. Pengaruh variasi lokasi pemasangan sebuah DG mengakibatkan perubahan magnitude arus hubung singkat. Semakin dekat lokasi pemasangan DG dengan lokasi gangguan maka arus hubung singkatnya akan semakin besar. Hal ini disebabkan semakin dekat dengan DG, maka impedansi salurannya akan semakin kecil sehingga kontribusi DG terhadap arus hubung singkat juga akan semakin besar
- b. Jumlah DG yang terpasang pada sistem juga berpengaruh terhadap magnitude arus hubung singkat tiga *phase*. Semakin banyak DG yang terpasang, maka arus hubung singkat tiga *phasenya* akan semakin membesar. Hal ini disebabkan karena arus hubung singkat yang terjadi merupakan kontribusi dari beberapa buah sumber yaitu dari *power grid* dan beberapa buah DG.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Delfino, B., 2002, *Modeling of the Integration of Distributed Generation Into the Electrical System*, Proceedings of the 2002 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Volume 1, pp. 170 - 175
- Glover D J., Sarma S. M., Overbye J. T., 2008, *Power System Analysis and Design 4th*, Thomson Corp.
- Grady, W.M., Samotyj, M.J., and Noyola, A.H, 1992, *The Application of Network Objective Functions for Minimizing the Impact of Voltage Harmonics in Power Systems*, in IEEE Trans. on Power Delivery, vol.7. no.3, pp. 1379 - 1385
- Grainger J J., Stevenson. William D, JR., 1994, *Power System Analysis*, New York, McGraw-Hill Book Company
- H Saadat, 2002, *Power System Analysis*, New Delhi, McGraw-Hill Book Company
- Kadarisman, P., dan Prasetya, I.P., 2002, *Studi Pemanfaatan Metode L untuk Menentukan Lokasi dan Besarnya Daya Kompensator di Jaringan Listrik*, Proceedings SNWTT V 2002, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta
- Kirawanich, P., O'Connell, R.M., and Brownfield, G., 2004, *Microturbine Harmonic Impact Study Using ATP-EMTP*, in 2004 11th International Conf. on Harmonics and Quality of Power, pp. 117 - 122
- Pansini J Anthony., 2005, *Guide To Electrical Power Distribution Systems United States of America*, The Fairmont Press, Inc
- Prabowo, R., 2012, *Simulasi Aliran Daya Pemasangan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi 12,5 kV Standar IEEE 18 Bus Dengan Menggunakan Software ETAP Power Station 4.0.0*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Raj Vimal D Ajay P. et all., 2008, *Optimization of Distributed Generation Capacity for Line Loss Reduction and Voltage Profile Improvement Using PSO*, Faculty of Electrical Engineering Universiti Teknologi Malaysia
- Waseem Irfan. et all., 2008, *Impacts of Distributed Generation on the Residential Distribution Network Operation*, Virginia., Virginia Polytechnic Institute and State University
- William D. Stevenson. Jr, Kamal Idris. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Willis, H. L. and Scott, W. G., 2000, *Distributed Power Generation Planning and Evaluation*, Marcel Dekker, Inc.